



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



UTJECAJ MIKORIZE NA RAZVOJ FRANCUSKE KADIFICE U UVJETIMA VODNOG STRESA

DIPLOMSKI RAD

Mato Đuka

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



Diplomski studij:

Hortikultura – Ukasno bilje

UTJECAJ MIKORIZE NA RAZVOJ FRANCUSKE KADIFICE U UVJETIMA VODNOG STRESA

DIPLOMSKI RAD

Mato Đuka

Mentor:

doc. dr. sc. Ivan Mustač

Zagreb, rujan, 2019.



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Mato Đuka**, JMBAG 0178098786, rođen 17.01.1995. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

UTJECAJ MIKORIZE NA RAZVOJ FRANCUSKE KADIFICE U UVJETIMA VODNOG STRESA

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice



Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet

University of Zagreb
Faculty of Agriculture



IZVJEŠĆE O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta **Mato Đuka**, JMBAG 0178098786, naslova

UTJECAJ MIKORIZE NA RAZVOJ FRANCUSKE KADIFICE U UVJETIMA VODNOG STRESA

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. doc. dr. sc. Ivan Mustačić mentor

2. prof. dr. sc. Ines Han Dovedan član

3. doc. dr. sc. Ivan Širić član

Sadržaj

1. Uvod.....	3
1.1. Cilj istraživanja.....	3
2. Pregled literature	4
2.1. Tipovi mikoriza	4
2.2. Arbuskularna mikoriza	5
2.3. Pregled dosadašnjih istraživanja	5
2.4. Francuska kadifica (<i>Tagetes patula</i> L.).....	8
2.5. Utjecaj mikorize na francusku kadificu (<i>Tagetes patula</i> L.).....	9
3. Materijali i metode	11
3.1. Postavljanje pokusa.....	11
3.2. Mjerenje.....	13
4. Rezultati i rasprava.....	14
4.1. Visina biljke.....	15
4.2. Promjer biljke.....	16
4.3. Broj pupova.....	17
4.4. Broj otvorenih cvjetova.....	17
4.5. Promjer cvata.....	18
4.6. Razvijenost korijena.....	19
4.7. Zapažanja tijekom istraživanja.....	20
5. Zaključak.....	22
6. Popis literature	23

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Mato Đuka**, naslova

UTJECAJ MIKORIZE NA RAZVOJ FRANCUSKE KADIFICE U UVJETIMA VODNOG STRESA

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj mikorize na razvoj francuske kadifice u uvjetima vodnog stresa. Mikoriznom gljivom *Glomus spp.* inokulirana je polovica biljaka (*Tagetes patula* L.) u provedenom istraživanju, dok je kao kontrola služila druga polovica biljaka. Primijenile su se dvije varijante navodnjavanja, a biljke su bile izložene vodnom stresu dva tjedna nakon presađivanja presadnica. Mjerena su morfološka svojstva, visina i promjer biljke te broj pupova, broj otvorenih cvjetova i širina cvjetova. Zapažanja tijekom istraživanja, uključujući ocjenu razvijenosti korijenovog sustava, provedena su vizualnim pregledom. Dobiveni rezultati pokazuju da primjenom biološkog mikoriziranog preparata 'Mycogel' nije došlo do značajnijeg poboljšanja morfoloških svojstava na mjerenim biljkama, ali je utvrđena bolja razvijenost korijenovog sustava kod inokuliranih biljaka. Zapažanje tijekom istraživanja pokazalo je da mikoriza povećava tolerantnost biljke na vodni stres. Zaključno može se reći da mikoriza ima iznimno velik primjenjivi potencijal u poljoprivredi, ali potrebno je provesti daljnja istraživanja kako bi se mogle ustanoviti interakcije između gljive i korijena biljke domaćina.

Ključne riječi: mikoriza, *Tagetes patula*, gljiva, morfološka svojstva

Summary

Of the master's thesis – student **Mato Đuka**, entitled

EFFECTS OF MYCORRHIZA ON TAGETES PATULA L. IN WATER DEFICIENCY CONDITIONS

The aim of the research was to establish the influence of mycorrhiza on *Tagetes patula* L. One half of the plants (*Tagetes patula* L.) in the experiment was inoculated by mycorrhizal fungi *Glomus spp.*, the other half served as a control group. Two versions of irrigation were applied, the plants were exposed to water deficiency two weeks after replanting of the seedlings. Morphological properties were measured, height and width of the plants as well as the number of buds, open flowers and the width of the flowers. Observations were conducted by visual inspection, including the assessment of the root system development. Results demonstrate that the application of the biological mycorrhized preparation 'Mycogel' did not cause a significant improvement in the morphological properties of the plants measured, however, a better development of the root system was observed in the inoculated plants. Observations during the experiment show that the mycorrhiza improves plants' tolerance to water deficiency. Mycorrhiza has a potential for application in agriculture, however, further research is required to describe in more detail the interaction between the fungi and the roots of the host plant.

Keywords: mycorrhiza, *Tagetes patula*, fungi, morphological properties

1. Uvod

Mikoriza je biološki odnos gljive i korijena viših biljka (domaćina). Riječ mikoriza dolazi od grčkih riječi mykos, što znači gljiva, i riza, što znači korijen. Taj se odnos bazira na procesu protoka nutrijenata između gljive i korijena biljke domaćina te se odvija obostrano (bi-directionally). Biljka osigurava šećer gljivi, a gljiva potpomaže biljci u usvajanju anorganskih tvari iz supstrata na kojem raste i razvija svoje plodno tijelo (Smith i Read, 2008.). Većina biljaka uspješno uspostavlja mikorizni odnos te se one nazivaju mikotrofnim biljkama, za razliku od amikotrofnih biljaka koje ga ne mogu uspostaviti. Prema navodima Novaka, 1997. uglavnom je mali broj biljnih vrsta amikotrofan.

Mikoriza je značajna kod upijanja slabije pokretnih hraniva ili hraniva koja su u tlu prisutna u malim količinama. Primjer takvih hraniva su fosfati, cink, nitrati, bakar, željezo itd. (Barea, 1991.). Osim toga, mikorizirana biljka bolje usvaja vodu što može povećati otpornost na sušu. Nadalje, otkrivena je pozitivna povezanost mikorize i otpornosti biljaka na toksično djelovanje teških metala, isto kao i otpornosti na patogene i štetočine. Na razini biljke, ovi pozitivni utjecaji imaju za rezultat povećanje mase i tolerantnosti biljke (Khan, 2003.).

Mikoriza može djelovati i negativno, ovisno o genetskim čimbenicima te čimbenicima tla (Novak, 1997.). Mikorizna kolonijalizacija može izazvati široki spektar reakcija kod biljaka koje variraju od pozitivnog, preko neutralnog pa do negativnog (Johnson i sur., 1997.), a odnos se može mijenjati tijekom vremena (Smith i Read, 2008.). Kako bi se postigao blagotvorni učinak mikorizne inokulacije na kulture potrebno je primijeniti gljivu prikladnu za određeni tip tla. Upotrebom odgovarajuće mikorizne vrste na pogodnoj biljci i tlu može doći do poboljšane ishrane biljke što se najviše primjećuje u suboptimalnim uvjetima. Isto tako može doći do povišene tolerantnosti na abiotičke stresove poput: suše, toksičnosti teških metala i zasljenosti tla te na napade štetočina poput lisnih patogena i nematoda. Ne smijemo zanemariti važnost već prisutnih mikoriznih gljiva u poljoprivrednim tlima i njihovu ulogu u postojećim ekosustavima (Zrnić i Širić, 2017.). U ovom istraživanju koristila se francuska kadifca zbog toga što je jednogodišnja, zeljasta i mikotrofna vrsta s kratkom vegetacijom. Dosadašnja istraživanja dokazala su pozitivan utjecaj mikorize na razvoj korijenovog sustava te na povećanje tolerantnosti biljke prema biološkim i abiološkim stresovima.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja bio je ustanoviti utjecaj primjene živog mikoriziranog preparata, komercijalnog naziva Mycogel, na tolerantnost francuske kadifce u uvjetima vodnog stresa.

2. Pregled literature

2.1. Tipovi mikoriza

Fenomen mikoriza u tlu prvi je otkrio poljski botaničar Franciszek Kamiński 1880. godine, a danas se još uvijek proučava i opisuje. U prirodi postoji više tipova mikoriznih asocijacija, a tri glavna tipa su ektomikoriza, endomikoriza te ektoendomikoriza (Brundrett, 2014.).

Ektomikorize imaju hife koje ne prodiru u stanice korijena biljke domaćina već stvaraju gustu micelijsku ovojnici na površini korijena i oko njegove površine u tlu. Micelij koji obavija korijen i prodire između stanica kore korijena nazivamo Hartigovom mrežom čija je funkcija razmjena tvari između gljive i biljke domaćina. Micelij koji obavija korijen i koji se širi u tlu nazivamo micelijskim plaštom. Ektomikorizirano korijenje je gušće, veće i razgranatije. Stvaranje ektomikorize je uobičajeno za drvenaste vrste, a gljive koje stvaraju ovu vrstu simbioze najčešće pripadaju rodovima Ascomycota i Basidiomycota (Brundrett, 2014.).

Endomikorize stvaraju posebne tvorevine unutar korijena biljke domaćina. Endomikorize ne stvaraju gusti omotač oko korijena, pa se teško primjećuju golim okom, no puno su raširenije od ektomikorize i prisutne su kod 4/5 biljaka (Brundrett, 2014.).

Ektoendomikorizu (EEM) karakteriziraju dijelovi nalik na ektomikorizu, ali osim intercelularne penetracije epiderme i korteksa, postoji i intracelularna penetracija. Razvoj EEM je određen biljnim vrstama iz rodova Pinus i Picea te manji broj vrsta iz roda Larix (Mukerji i sur, 2000.). Izmjena minerala se može pojavljivati tijekom unutarstanične penetracijske faze i to kada su i hife i korijenove stanice zdrave i kompatibilne (Piche i sur, 1986.).

Ostali tipovi mikoriza su : arbuskularna, arbutoidna, monotropoidna, erikoidna i mikoriza orhideja (Smith i Read, 2008.).

Zrnić i Širić (2017.) navode kako su najčešći tipovi mikoriza:

- (I) arbuskularna mikoriza (VAM ili AM) kod koje Zygomycete proizvode arbuskule, hife i vezikule unutar stanica primarne kore korijena, javlja se na približno 80% kopnenih biljaka – stablima, grmlju, zeljastim biljkama i travama (Gregory, 2006.).
- (II) erikoidna mikoriza kod koje se zavojnice hifa nalaze u vanjskim stanicama uskih korijenovih dlačica biljaka reda Ericales (Brundrett, 1991.).
- (III) mikoriza orhideja kod koje gljive tvore zavojnice hifa unutar korijenja ili stabljika orhideja.

2.2. Arbuskularna mikoriza (AM)

Gljive koje sudjeluju u arbuskularnim mikorizama su gotovo uvijek iz reda *Glomales*. Arbuskularne mikorize spadaju pod endomikorizne asocijacije što znači da gljiva tvori organe unutar stanice korijena biljke domaćina. Arbuskularne mikorize, ili ponekad ovisno o literaturi vezikularno-arbuskularne mikorize, smatraju se najčešćim mikoriznim oblicima i ne stvaraju nikakve vidljive vanjske strukturalne promjene na korijenu biljke. Hife ovakvih mikoriza prodiru u korjenove stanice i to kod gotovo svih kultiviranih biljaka, kod većine cvjetnjača, papratnjača i mahovina te mnogog drugog šumskog drveća, grmlja i divljih vrsta (Paul i Clark, 1998.), dok su odsutne kod biljaka koje tvore samo ektomikorize, dakle kod biljaka iz porodica *Pinaceae* i *Betulaceae* ili kod biljaka koje tvore erikoidne mikorize (Subba Rao, 1999.).

Smith i Read (1996.) opisuju dva morfološko-anatomska tipa arbuskularnih mikoriza, a to su Arum i Paris tip mikoriza:

- Paris tip kolonizacije karakterističan je po tome što se intracelularni namotaji hifa razvijaju poprilično ekstenzivno, tako da se direktno šire iz jedne u drugu stanicu unutar korteksa. Stanični rast, ako ga ima, je malen, a arbuskule rastu iz navedenih namotaja. Kod ovog tipa mikoriza brzina razvoja infekcije unutar korijena nije naročito brza u usporedbi s Arum-tipom, te nije poznato koliko je ovo čest tip mikoriza. Ovaj tip mikoriza prisutan je kod velikog broja šumskih biljaka.
- Arum tip kolonizacije je ono što ćemo danas prepoznati kao tipične arbuskularne mikorize. Autori također navode da je kod ovog tipa mikoriza čest brzorastući korjenov sustav kod usjeva te da je za ovaj tip karakteristično da se putem intercelularnih hifa, koje se protežu kroz zračne prostore u stanici, gljiva brzo širi korteksom. Hifa proizvodi kratke, postrane grane, dolazi do ulaska u kortikalne stanice te dolazi do formiranja arbuskula.

2.3. Pregled dosadašnjih istraživanja

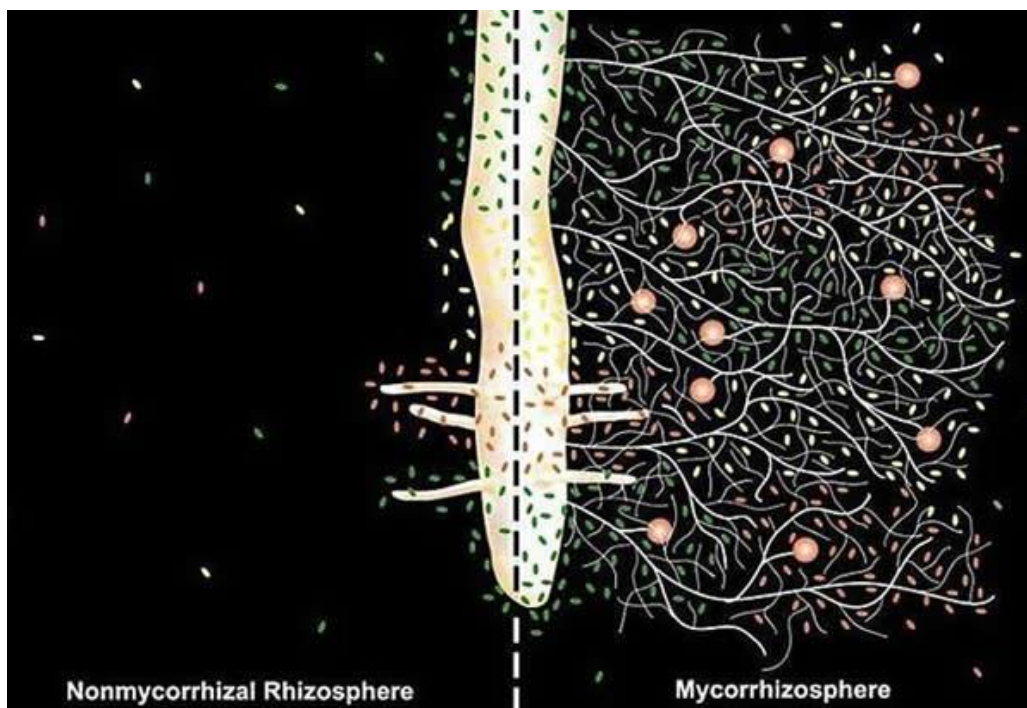
Istražen je učinak kolonizacije arbuskularnom gljivom na prinos i efikasnost usvajanja vode kod lubenice (*Citrullus lanatus*) u vanjskim uvjetima. Autori su usporedili mikorizirane i nemikorizirane biljke, dobro navodnjene i pod uvjetima vodnog stresa. Pokazalo se da mikorizirane biljke imaju značajno veću biomasu i prinos u usporedbi s ne mikoriziranim, bez obzira na to jesu li biljke bile pod stresom ili ne, jer je mikoriza poboljšala koncentracije hraniva u listovima (Kaya i sur., 2003.).

Povećani rast biljaka zbog arbuskularne mikorize (AM) zabilježen je i kod pamuka, kukuruza, pšenice, djeteline, ječma, krumpira, ukrasnih biljaka te povrtnih vrsta iz različitih porodica: *Alliaceae* (luk, poriluk, češnjak), *Apiaceae* (mrkva), *Asteraceae* (salata), *Cucurbitaceae* (krastavac), *Fabaceae* (grah, grašak), *Solanaceae* (rajčica, paprika) (Menge, 1985.).

Arbuskularna mikoriza kod biljaka može stimulirati apsorpciju fosfora (P), cinka (Zn), bakra (Cu), mangana (Mn) (Menge, 1985.), sumpora (S) (Berruti i sur., 2015.) te drugih

mineralnih kationa porijeklom iz tla (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}) (Krishnakumar i sur., 2013.). Simbioza s AM posebno je značajna za vrste poput mrkve, koja ima iznimno kratke korjenove dlačice, kako bi se proširila zona usvajanja hraniva oko korijena (Baum i sur., 2015.). Važno je napomenuti da je utjecaj mikorize smanjen kod biljaka s većom sposobnosti apsorpcije. To su biljke s višom frekvencijom grananja korijena odnosno s većim brojem lateralnog korijenja i korijenovih dlačica (Linderman, 1992.).

Mikoriza se može koristiti i u kontekstu poboljšivača tla, a korisnima su se pokazale četiri vrste arbuskularnih gljiva – *Claroideoglomus tunicatum*, *Diversipora versiformis*, *Funneliformis mosseae* i *Rhizophagus intraradices* u simbiozi s korijenovim sustavom naranče (*Poncirus trifoliata*) uzgajane u pijesku. Inokulirane sadnice pokazale su značajno veću gustoću korijenovih dlačica nego kontrola, nevezano za soj gljiva - inokulacija je značajno smanjila dužinu korijenovih dlačica kod lateralnog korijenja prvog i drugog reda ali je povećala dužinu lateralnog korijenja trećeg i četvrtog reda. Pronađene su značajno veće koncentracije fosfora, NO, glukoze, sukroze i fitohormona auksina - IAA na korijenu mikoriziranih sadnica u usporedbi s kontrolom. Koncentracije P, NO, ugljikohidrata i IAA u korijenu korelirale su s razvojem mikoriza i razvojem korijenovih dlačica (Wu i sur., 2016.).



Slika 2.3. Mycorizosfera

Izvor: <http://lifeofplant.blogspot.com/2011/03/mycorrhizae.html>

Gaur i Varma (2007.) uočili su da mikoriza utječe na hortikulturne biljke tako da im povećava tolerantnost na toksičnost teških metala te napade patogena i štetnika. Navedene dobrobiti mogu rezultirati povećanom produkcijom biomase i boljom sposobnosti kompeticije. Također, mikoriza može djelovati kao bioregulator, biognojivo i biološka zaštita (Aka-Kaçar i sur, 2010.).

Važnost mikoriznih asocijacija dolazi do izražaja i kod uzgoja bilja u rasadnicima, radi svojih brojnih pozitivnih učinaka na biljni rast te na biozaštitu. Istraživanjem koje su proveli

Aleandri i sur. (2015.) pokušali su odrediti učinak mikorizne inokulacije s gljivom *Rhizophagus irregularis* u rasadničkom mediju na korijenu dinje zaražene biljnim patogenom *Monosporascus cannonballus*. Nakon umjetne zaraze patogenom, mikoriza je omogućila posvemašnju zaštitu protiv patogena, što pokazuje da inokulacija prije presađivanja značajno smanjuje ozbiljnost ove bolesti. Treba naglasiti i da je prosječna masa plodova kod mikoriziranih biljaka bila značajno veća nego kod netretirane kontrole.

Ipak, Rillig i sur. (2016.) ističu kako su mikorizne gljive uključene u kompleksne biotske interakcije u tlu te dinamično reagiraju na mnoštvo faktora, što znači da nije moguće pronaći jedno rješenje koje bi se moglo primijeniti u svim situacijama. Na temelju analize podataka na povrtnim kulturama, Baum i sur. (2015.) navode da su genotip domaćina i genotip gljiva arbuskularne mikorize te njihove interakcije ograničavajući za potencijalno povećanje rasta i kvalitete biljaka domaćina, stoga profitabilnost inokulacije ovisi o selekciji i optimizaciji inokuluma.

U domaćoj literaturi mikoriza se spominje 1997. godine u radu Novaka u kojem je opisao istraživanja provedena u razdoblju od 1993. do 1995. o utjecaju endomikorize na rast presadnica i komponente prinosa pojedinih povrtnih kultura. Primijenjena je endomikorizna gljiva *Glomus etunicatum* u količini od 10 i 20 vol.% inokuluma. Na četiri različite povrtnje kulture u uvjetima bez gnojidbe, zalijevanja i zaštite od bolesti. Istraživanje provodi na salati (*Lactuca sativa*), rajčici (*Lycopersicon lycopersicum*), celeru korjenašu (*Apium graveolens* var. *Rapaceum*) i luku (*Allium cepa*).

Istraživanje u kojem su Novak i Benko dokazali da se mikorizirane presadnice brže i bolje razvijaju, što skraćuje vrijeme proizvodnje, provedeno je 2013. godine. Dobiveni rezultati pokazali su da se presadnice brže razvijaju i rastu, otpornije su i daju veće i ranije prinose, što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima koja su pokazala da se primjenom AM gljivica može značajno povećati masa presadnica povrća, kao na primjer, kod luka 40-99%, kod celera i poriluka od 50-250%.

Pregledni rad na temu primjene mikorize u hortikulturi objavljuju Zrnić i Širić, 2017. godine. U radu se na primjerima iz literature demonstrira učinak kolonizacije mikoriznim gljivama i njihov učinak na agronomska, fiziološka i biokemijska svojstva hortikulturnih vrsta. Mikorizacija je pokazala pozitivan učinak na ishranu bilja i usvajanje pojedinačnih hraniva te rast i prinos kultura. Strana istraživanja utvrdila su da mikorizirane biljke bolje podnose stresove uzrokovane nedostatkom hraniva, vode, prekomjernom zaslanjenosti i toksičnim koncentracijama teških metala u tlu. Također, mikorizirane kulture bolje podnose napad folijarnih patogena i nematoda. Mikoriza pokazuje potencijal za primjenu u održivim agroekosustavima, ali potrebno je provesti daljnja istraživanja da bi mogli u potpunosti objasniti odnose između kultura, mikoriznih gljiva i tipova tla.

2.4. Francuska kadifica (*Tagetes patula* L.)

Kadifice pripadaju porodici *Asteraceae* (glavočike), porodici s mnoštvom rodova važnih u ukrasnoj hortikulturi (npr. *Aster*, *Calendula*, *Centaurea*, *Chrysanthemum*, *Cosmos*, *Dahlia*, *Echinacea*, *Pericallis*, *Solidago* i *Zinnia*). Cvjetovi su kod ove porodice skupljeni u glavičaste cvatove, koji su izgledom često slični pojedinom cvijetu (odatle naziv glavočike) (Hrvatska enciklopedija, 2012.).

Francuska kadifica (*Tagetes patula* L.) jednogodišnja je zeljasta biljka, visine 25 – 100 cm, uspravnog i razgranatog rasta. Listovi su duljine 4 – 7 cm, duboko urezani, s linearno-lancetastim režnjevima nazubljenih rubova. Cvjetne glavice su pojedinačne, promjera 1,5-3 cm, na 15 – 30 cm dugačkim stapkama. Ženski jezičasti cvjetovi su ovalnog do četvrtastog oblika, jednobojni žuti, narančasti ili crveni, ili pak crveno-smeđi ili žuto-crvenosmeđi. Cjevasti cvjetovi su dvospolni. Cvjetovi su bogati karotenoidima. Karotenoidi u narančastim kultivarima sadrže lutein, anteraksantin, zeaksantin i violaksantin (Lim, 2014.).



Slika 2.4. *Tagetes patula*

Fotografirao: Mato Đuka

Francuska kadifica samonikla je u Srednjoj Americi (Meksiko i Gvatemala) i jugozapadnom dijelu SAD-a (Arizona, Novi Meksiko, Teksas). Rasprostranjena je do 1350 m nadmorske visine. Dobro podnosi siromašna tla, visoku temperaturu, te posebice uvjete suše. Osjetljiva je na mraz, uvjete sjene i veliku vlažnost supstrata. Najbolje uspijeva na sunčanim položajima te na dobro dreniranim pjeskovitim ili ilovastim tlima (Dole i sur., 1999.).

Niži kultivari sade se na udaljenosti od 25 – 30 cm, a za uzgoj presadnica prihvatljiv je svaki dobro propustan supstrat. U komercijalnoj proizvodnji koristi se mješavina treseta i perlita ili vermikulita. Tlo u koje se biljke sade trebalo bi biti dobro propusno, a njegova pH vrijednost 6,0 – 6,5 (Dole i sur., 1999.).

Popularna je ukrasna vrsta, osobito u umjerenom i suptropskom području širom svijeta, a koristi se i u kulinarstvu kao začin ili kao prirodno bojilo.

2.5. Utjecaj mikorize na francusku kadificu (*Tagetes patula* L.)

Schmidt Brigitta 2010. godine primjenom četiri varijante gnojidbe s fosforom ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, preporučena doza i dupla doza) na *Tagetes patula* dokazuje da primjenom duple doze gnojiva na bazi fosfora dolazi do inhibicije mikoriznih odnosa u tlu. Biljke u istraživanju bile su inokulirane mikoriznim gljivama: *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum* i *Glomus claroideum*. Biljke gnojene duplom količinom fosfora dobro su se razvile, no mikoriza je bila inhibirana, dok kod biljaka gnojenih ostalim varijantama nije došlo do inhibicije već do pozitivnog djelovanja mikoriznog odnosa na biljku. Ovo istraživanje je dokazalo da racionalnim korištenjem fosfornih gnojiva možemo zaštititi prirodnu raznolikost mikoriza u tlu. Također, Schmidt Brigitta i Šumalan R. 2011. godine objavljuju rad u kojemu tvrde da arbuskularna mikoriza može biti uspješno korištena u proizvodnji ukrasnog bilja. Uočili su da mikorizirane biljke u njihovom istraživanju imaju bolje ukrasne karakteristike (broj cvjetova i veću ukupnu površinu listova na biljci).

Poljski znanstvenici Janowska B. i Andrzejak R. promatrali su utjecaj mikorize na *Tagetes patula* L. 'Yellow Boy' i *Salvia splendens* Buc'hoz ex Etl. 'Saluti Red'. Promatrali su morfološke karakteristike kao što su visina, broj cvjetova, broj lateralnog korijenja i boja. Mikorizirane biljke u njihovim istraživanju razvile su veći broj cvatova, lateralnog korijenja te su bile zelenije. Mikoriza nije utjecala na svojstvo visine biljaka. Autori navode kako upotrebom mikorize možemo povećati produktivnost biljaka.



Slika 2.5. Razlika između inokulirane i ne inokulirane biljke
Fotografirao: Mato Đuka

Koreanski znanstvenici Yee Kim, Ahn-Heum Eom, Moon-Sung Tae i Sang-Sun Lee 2000. godine objavljuju rad o prikupljenim arbuskularnim mikoriznim gljivama s područja Koreje. S tim AM gljivama inokulirane su tri hortikulturne vrste: *Tagetes patula*, *Torenia founieri* i *Salvia splendens*. Nakon četiri mjeseca uzgoja u plasteniku mjerena je stopa kolonijalizacije i

količina spora. *Tagetes patula* imala je najveću izmjerenu stopu kolonijalizacije i količinu spora. *Torenia fougieri* i *Salvia splendens* imale su niže rezultate mjerenja. Ovim istraživanjem je utvrđeno da su vrsta gljivice i izbor biljke domaćina vrlo bitni za postizanje pozitivnih rezultata procesom mikorize u proizvodnji. Kako navode autori, potrebno je provesti još istraživanja kako bi se otkrile optimalnije kombinacije gljivica i biljke domaćina.

Asrar A-W.A. i Elhindi K.M. (2011.) utvrdili su da kadifce inokulirane mikoriznom gljivom (*Glomus constrictum* Trappe) razvijaju tolerantnost na uvjete vodnog stresa. U istraživanju mjerena su morfološka svojstva visina biljke, promjer cvata, zelena i suha masa. Sva mjerena potvrđuju da su mikorizirane biljke u uvjetima vodnog stresa bile bolje po svim mjerenim svojstvima od nemikoriziranih biljaka.

3. Materijali i metode

3.1. Postavljanje pokusa

Istraživanje u svrhu izrade diplomskog rada provedeno je u plasteniku Agronomskog fakulteta u Zagrebu 2019. godine, od svibnja do srpnja. U svrhu istraživanja korištene su presadnice Francuske kadifice (*Tagetes patula*) stare dva tjedna ujednačenog rasta, kupljene na OPG-u Jurica Ravenšćak kod Bjelovara. Na početku istraživanja (27.05.2019.) presadnice su presađene u lonce zapremnine 0,5 l i uzgajane su do završetka istraživanja (08.07.2019.) na potopnom stolu. Zbog visokih temperatura plastenik je tijekom istraživanja bio otvoren sa svih strana, a razmak biljaka u redu i između redova iznosio je 30 cm. Za inokulaciju koristio se biološki preparat Mycogel s arbuskularnom gljivicom *Glomus spp.* u koncentraciji 1 ml preparata na 1 l vode. Polovica biljka inokulirana je prilikom presađivanja umakanjem u otopinu, a druga polovica nije.



Slika 3.1.1. Presadnice ujednačenog rasta

Fotografirao: Mato Đuka

Istraživanje je postavljeno u pet ponavljanja, po sistemu slučajnog bloknog rasporeda s četiri varijante. Varijanta M1 (mikorizirane biljke navodnjavane s 0,5 l), varijanta N1 (ne mikorizirane biljke navodnjavane s 0.5 l), varijanta M2 (mikorizirane biljke navodnjavane s 0.2 l) i varijanta N2 (nemikorizirane biljke navodnjavane s 0.2 l). Ukupan broj biljaka u istraživanju iznosio je 120, a ukupan broj biljaka unutar svake varijante je 30.



Slika 3.1.2. Postavljeni pokus u plasteniku Agronomskog fakulteta u Zagrebu
Fotografirao: Mato Đuka

Korišten je fino granulirani supstrat za uzgoj cvijeća sa sljedećim udjelima hraniva: N 280 mg/l (CaCl_2), P_2O_5 200 mg/l (CAL), K_2O 360 mg/l (CAL), Mg 100 mg/l (CaCl_2) i S 120 mg/l (CaCl_2). Zalijevalo se ručno s posudama zapremnine 2 dcl i 5 dcl. Prva dva tjedna biljke su zalijevane svaki dan, a potom svaki drugi dan kako bi došlo do stvaranja vodnog stresa. Za prihranu korišteno je univerzalno biljno gnojivo za sobne biljke NPK formulacije 6 – 4 – 5. U dvije litre vode dodano je 25 ml hraniva, a prihranjivanje biljaka vršilo se tri puta tijekom istraživanja prilikom zalijevanja. Dodana količina hraniva nije varirala, sve biljke su bile prihranjene jednakom količinom biljnog hraniva. Inokulirane i neinokulirane biljke bile su prostorno odvojene kako ne bi došlo do neželjene inokulacije.



Slika 3.1.3. Mikrobiološki preparat naziva Mycogel
Fotografirao: Mato Đuka

3.2. Mjerenje

Temperatura u plasteniku mjerila se svaki dan u 12 sati. Vremenske prilike bilježene su svaki dan, a podaci su uzeti sa službenih stranica Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

Mjerene morfološke karakteristike su:

1. Visina biljke mjerena je metrom (cm)
2. Promjer biljke mjerena je metrom na mjestu najvećeg promjera listova (cm)
3. Promjer cvatova – mjerena je metrom (cm)
4. Broj pupova – utvrđen je vizualnim pregledom
5. Broj otvorenih cvatova – utvrđen je vizualnim pregledom
6. Razvijenost korijena – ocijenila se vizualno na kraju pokusa ocjenama slaba, dobra i jaka
7. Zapažanja tijekom istraživanja – bilježene su promjene na biljkama tijekom istraživanja

Tijekom istraživanja morfološke karakteristike mjerile su se svakih deset dana.

4. Rezultati i rasprava

Temperatura u plasteniku bila je između 30 C° i 42 C° s prosječnom vrijednosti od 37.7 C°. Vanjski vremenski uvjeti u navedenom periodu mogu se opisati kao pretežito sunčani i vrući.

Inicirani vodni stres tijekom istraživanja bio je slabo izražen te se nisu primijetile značajnije razlike mjerenih morfoloških karakteristika između varijanata zalijevanih s 5 dcl (M1 i N1) i zalijevanih s 2 dcl (M2 i N2). Iako razlika u morfološkim karakteristikama nije bila značajna, promatranjem tijekom istraživanja opažena su značajnija oštećenja na listu i stabljici izazvana vodnim stresom na neinokuliranim biljkama. Isto tako neinokulirane biljke su gubile turgor značajnije brže od inokuliranih biljaka. Dobiveni podaci odgovaraju podacima iz literature.

Nadalje, mikoriza je pokazala pozitivno djelovanje u svim mjerenjima ali statistički nedovoljno da bi se moglo tvrditi da je ta promjena značajna. Iz navedenih rezultata proizlazi zaključak da se mikorizacijom biljnih vrsta mogu spriječiti štete nastale vodnim stresom ali ne možemo potvrditi da je ta novonastala tolerantnost značajna.

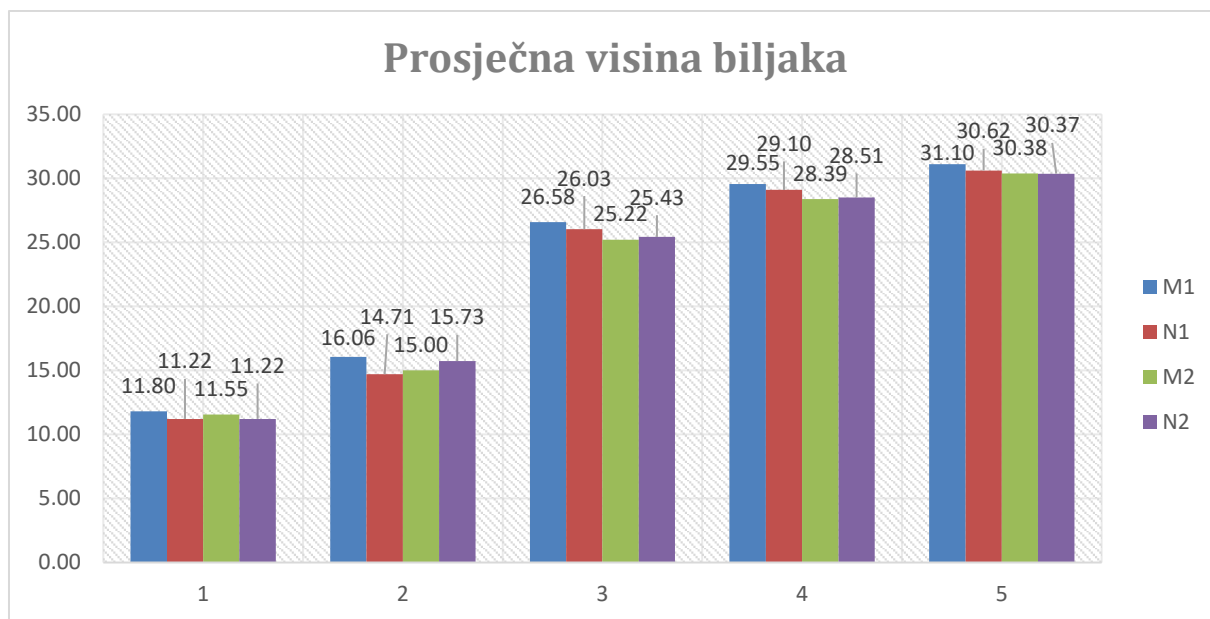


Slika 4. Pad turgora tijekom istraživanja

Fotografirao: Mato Đuka

4.1. Visina biljke

Mjerenjem visine biljaka, prosječno je najviša bila varijanta M1 dok su varijante M2 i N2 bile najniže. Prosječna visina između varijanata M1 i M2 i varijanata N1 i N2 nije značajnije varirala što ukazuje da vodni stres u ovom istraživanju nije bio dovoljno jako izražen. Provedenim istraživanjem nije utvrđena statistički značajna razlika između prosječnih visina varijanata M1 i N1 te varijanata M2 i N2 pa se može zaključiti da ni mikoriza nije značajnije djelovala na morfološko svojstvo visine biljke.



Grafikon 4.1. Prosječna visina biljaka

Tijekom cijelog istraživanja nije došlo do značajnijeg variranja u visini biljaka niti jedne varijante. Varijanta M1 pokazala se prosječno najvišom s visinom od 31.1 cm na kraju istraživanja, a varijante M2 i N2 bile su približno jednake s 30,4 cm. Razlika između prosječno najviše i najniže biljke na kraju istraživanja je 0,73 cm. Tijekom provedenog istraživanja nije došlo do značajnijeg variranja u visini biljaka niti jedne varijante.

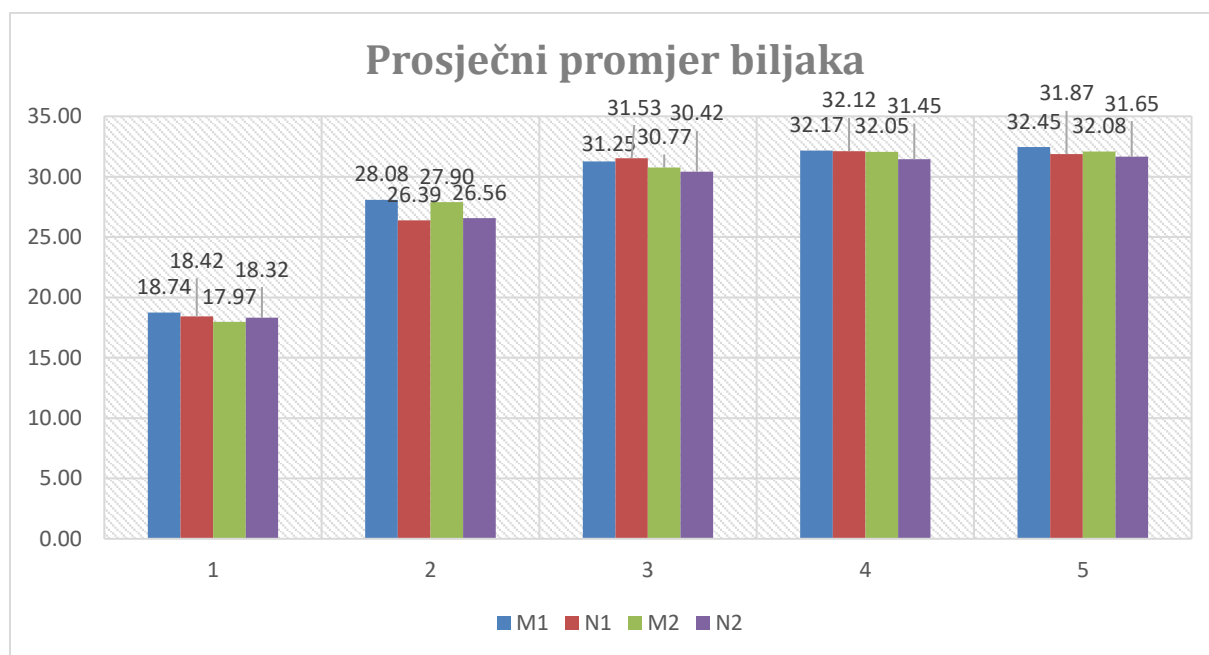


Slika 4.1. Visina biljaka
Fotografirao: Mato Đuka

Dobiveni rezultati slični su rezultatima poljskih znanstvenika Janowska B. i Andrzejak R. koji također nisu utvrdili značajniju promjenu morfološkog svojstva visine na prmatranim *Tagetes patula* L., dok su Asrar A-W.A. i Elhindi K.M. utvrdili povećanje visine mikoriziranih biljaka (*Tagetes patula*) u odnosu na nemikorizirane u uvjetima izraženog vodnog stresa. Menge (1985.) navodi da je primjećena razlika u visini između inokuliranih i neinokuliranih biljaka pamuka, kukuruza, pšenice i ječma, ali ne i kadifice.

4.2. Promjer biljke

Najšira biljka utvrđena je u Varijanti M1 s promjerom od 32,45 cm na kraju istraživanja. Prosječna širina varijante M2 na kraju istraživanja iznosila je 32,08 cm, a varijante N1 31,81 cm. Pri petom mjeranju varijanta N2 bila je najuža s promjerom 31,65 cm. Provedenim istraživanjem nije utvrđena statistički značajna razlika između navedenih širina biljke kadifice. Temeljem toga, može se reći kako su inokulirane biljke razvile veću širinu od neinokuliranih. Statistički nije potvrđen pozitivan utjecaj mikorize. Nadalje, vodni stres u istraživane vrste bio je slabo izražen i nije značajnije utjecao na širinu biljaka.



Grafikon 4.2. Prosječni promjer biljaka

Utjecaj mikorize na širinu biljaka u ovom istraživanju nije utvrđena. Schmidt Brigitta i Šumalan R. 2011. godine utvrdili su povećanje ukupne lisne površine na promatranim kadificama, ali nisu mjerili širinu biljaka. Nema dostupnih istraživanja koja mogu potvrditi ovaj rezultat.

4.3. Broj pupova

Tijekom prvog mjerenja nije bilo prisutnih pupova. Prosječan broj pupova za vrijeme drugog mjerenja iznosio je četiri za inokulirane biljke i tri za neinokulirane. U vrijeme trećeg mjerenja M1 varijanta razvila je prosječno devet pupova po biljci, varijante N1 i M2 osam pupova te varijanta N2 sedam pupova po biljci. Četvrtim mjerenjem utvrđeno je da je M1 varijanta razvila prosječno sedam pupova po biljci, dok su ostale varijante razvile prosječno šest pupova. Petim mjerenjem utvrđeno je da su sve varijante razvile prosječno tri pupa po biljci.



Slika 4.3. Broj pupova
Fotografirao: Mato Đuka

Temeljem navedenoga razvidno je da su inokulirane biljke stvarale nešto veći broj pupova od ne inokuliranih biljaka u ranijim fazama rasta, dok se pri kraju istraživanja taj broj ujednačio. Podaci o razlici u broju pupova nisu se pokazali statistički značajnima, ali ukazuju da mikorizirane biljke ranije i brže stvaraju pupove. Janowska B. i Andrzejak R. (2017.) primjetili su da inokulirane biljke (*Tagetes patula*) stvaraju više pupova isto kao i Kaya i suradnici koji 2003. godine na lubenici (*Citrullus lanatus*) utvrđuju povećani broj pupova na inokuliranim biljkama.

4.4. Broj otvorenih cvatova

Tijekom prvog i drugog mjerenja nije bilo otvorenih cvatova, a potom je varijanta M1 razvila prosječno jedan cvat više od ostalih varijanata u vrijeme trećeg i četvrtog mjerenja, dok je tijekom petog mjerenja zabilježeno da su sve biljke prosječno razvile isti broj cvatova (8). Varijante M2, N1 i N2 za vrijeme trećeg mjerenja imale su prosječno otvoren jedan cvat, a u vrijeme četvrtog mjerenja imale su prosječno šest otvorenih cvatova. Iako su varijante M2 i N2 zalijevanje s 0,2 dcl vode nisu pokazale pad u broju otvorenih cvatova u odnosu na varijante M1 i N1 koje su zalijevane s 0,5 dcl vode.



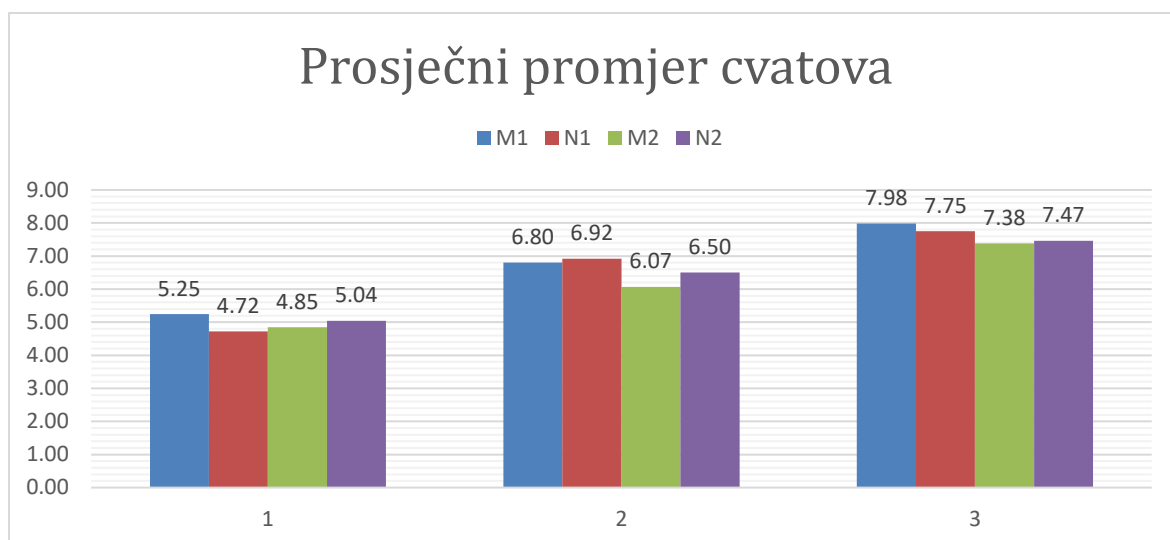
Slika 4.4. Broj otvorenih cvjetova

Fotografirao: Mato Đuka

U ovom istraživanju razlika u broju otvorenih cvatova nije bila statistički značajna. U raspoloživoj literaturi Schmidt Brigitta i Šumālan R. 2011. godine utvrdili su da je došlo do značajnijeg povećanja u broju otvorenih cvatova između promatranih skupina kadifica i utvrdili su da je povećana ukrasna vrijednost istih. Također poljski znanstvenici Janowska B. i Andrzejak R. (2017.) primjetili su da inokulirane biljke (*Tagetes patula*) stvaraju više cvatova isto kao i Kaya i suradnici koji 2003. godine na lubenici (*Citrullus lanatus*) utvrdili povećani broj cvjetova na inokuliranim biljkama.

4.5. Promjer otvorenih cvatova

Otvoreni cvatovi pojavili su se u vrijeme trećeg, četvrtog i petog mjerenja. Prosječno najšira varijanta M1 na kraju istraživanja bila je 2,3 mm šira od N1 varijante i 6 mm šira od M2 varijante koja se pokazala prosječno najužom. Iako je varijanta M2 bila inokulirana mikoriznom gljivicom u istraživanju se pokazala kao prosječno najuža tijekom četvrtog i petog mjerenja. Za vrijeme četvrtog mjerenja prosječno najšira varijanta bila je N1 (6,92 cm). Asrar A-W.A. i Elhindi K.M. (2011.) utvrdili su da je promjer cvatova navodnjavane varijante iznosio 5,22 cm, dok su biljke izložene vodnom stresu razvile 2,5 do 4 cm široke cvatove. U našem istraživanju su postignute više vrijednosti što može biti zbog odabira kultivara ili zbog slabo izraženog vodnog stresa. Ostali rezultati iz raspoložive literature govore o povećanju ukupne bio mase inokuliranih biljaka (Menge 1985., Gaur i Varma 2007., Aleandri i suradnici 2015., Novak i Benko 2013. te Schmidt Brigitta i Šumālan R. 2011.).



Grafikon 4.5. Prosječni promjer cvatova

4.6. Razvijenost korijena

Na kraju istraživanja prilikom vađenja biljaka iz kontejnera, vizualno je utvrđena razvijenost korijena. Razvijenost korijena ocjenjivala se vizualno ocjenama loša, dobra i vrlo dobra.



Slika 4.6.1. Razvijenost korijena M2 i N2

Fotografirao: Mato Đuka

'Vrlo dobra' razvijenost korijena uočena je na 48 inokuliranih biljaka (80%), 'dobra' razvijenost na 10 biljaka (16,5%) i dvije biljke su imale 'loše' razvijen korijenov sustav. Kod neinokuliranih biljaka utvrđena je 'dobra' razvijenost korijenovog sustava na 42 biljke (70%) i 'loše' ocijenjenih biljaka bilo je 10 (16,6%). Samo 8 neinokuliranih biljaka imalo je 'vrlo dobro' razvijeni korijenov sustav. 'Vrlo dobro' razvijen korijenov sustav utvrđen je u inokuliranih biljaka, dok su neinokulirane biljke stvarale pretežito korijenov sustav ocijenjen kao 'dobra' razvijen. Također, u neinokuliranih biljaka primjećeno je 10 'loše' ocijenjenih korijenovih sustava, dok su u inokuliranih biljaka samo dvije biljke imale 'loše' ocijenjen korijenov sustav. Temeljem navedenoga, može se zaključiti kako je razlika između razvijenosti korijenovog sustava inokuliranih i neinokuliranih biljaka bila jako izražena. Vrlo dobro razvijen korijenov

sustav imale su biljke iz varijante M1 i M2, na njih nije primjetno utjecala količina navodnjavanja. U varijantama N1 i N2 korijenov sustav ocijenjen je kao dobro razvijen i nisu bile primijećene razlike koje bi govorile da je došlo do zastoja u razvoju korijenovog sustava zbog nedostatka vode.



Slika 4.6.2. Razvijenost korijena M2 i N2

Fotografirao: Mato Đuka

U stranim istraživanjima dobiveni su slični rezultati pa su tako Janowska B. i Andrzejak R. (2017.) navode da su utvrdili povećanje u broju lateralnog korijenja kod *Tagetes patula*. Wu i suradnici 2016. godine dobivaju iste rezultate na korijenovom sustavu naranče (*Poncirus trifoliata*). Bolju razvijenost korijenovog sustava kod mikoriziranih biljaka primjetili su i Baum i suradnici 2015. godine.

4.7. Zapažanja tijekom istraživanja

Tijekom istraživanja je uočeno da su biljke neinokulirane mikorizom već pri prvom izlaganju vodnom stresu zadobile oštećenja izazvana istim. Na kraju istraživanja utvrđena su oštećenja na listu i stabljici u 42 neinokulirane biljke (70%) (slika 4.7.1.) i u šest inokuliranih biljaka. Na 24 neinokulirane biljke (40%) oštećenja su bila jako izražena, dok nije bilo značajnih oštećenja na inokuliranim biljkama. Primijećeno je također da su inokulirane biljke sporije gubile turgor od neinokuliranih biljaka (slika 4.7.2.).



Slika 4.7.1. Oštećenja na listu i stabljici

Fotografirao: Mato Đuka

Promatranjem je utvrđena značajnija razlika između inokuliranih i ne inokuliranih biljaka. Možemo zaključiti da je mikoriza spriječila oštećenja na listu i stabljici nastala djelovanjem vodnog stresa za (60%) te značajnije usporila pad turgora kao što se vidi na slici (4.7.2.). Nije primijećena razlika u količini oštećenja između varijanata M1 i M2 ali su primijećena značajnija oštećenja na listu i stabljici na 17 biljaka iz varijante N2.



Slika 4.7.2. Pad turgora

Fotografirao: Mato Đuka

Rezultati dobiveni zapažanjem podudaraju se sa rezultatima Asrar A-W.A. i Elhindi K.M. (2011.) koji su utvrdili da mikoriza utječe na tolerantnost kadifice u uvjetima vodnog stresa. Rezultati njihovog istraživanja nam potvrđuju da su biljke inokulirane mikoriznom gljivom imale više vigora te da su se bolje razvile u uvjetima vodnog stresa od biljaka neinokuliranih mikorizom.

5. Zaključak

Primjenom biološkog preparata Mycogel utvrđena je tolerantnost kadifice na vodni stres. Dobiveni rezultati ukazuju da inokulirane biljke nisu bile značajnije više niti šireg rasta od neinokuliranih biljaka. Također, nije utvrđena značajnija razlika između promatranih skupina biljaka u broju pupova i cvatova. Širina cvatova također nije varirala između promatranih biljaka. Provedenim istraživanjem utvrđena je jako dobra razvijenost korijena inokuliranih biljaka, dok su neinokulirane biljke bile ocijenjene kao dobro zakorijenjene. Promatranjem tijekom istraživanja utvrđena su značajnija oštećenja izazvana vodnim stresom na 70% neinokuliranih biljaka te je utvrđeno da su neinokulirane biljke gubile turgor puno brže nego inokulirane biljke. Temeljem utvrđenih rezultata, može se zaključiti da upotreba mikorize na Francuskoj kadifici neće značajnije povećati bio masu niti će značajnije ubrzati proizvodnju, ali svakako može biti od koristi pri sprečavanju šteta nastalih nedostatkom vode. Samo 10 % inokuliranih biljaka imalo je simptome šteta nastalih nedostatkom vode, a niti jedna nije imala jako izražene simptome. Mikoriza je značajnije djelovala na razvoj korijenovog sustava te je spriječila pad turgora pri nedostatku vode. Treba naglasiti kako je upitna isplativost korištenja bioloških mikoriziranih preparata pri uzgoju u zaštićenim prostorima u kojima vladaju optimalni uvjeti pri kojima mikoriza ne dolazi do izražaja. Pozitivni učinci mikoriza pokazali su se isplativim u višegodišnjim nasadima na otvorenom, posebice kod kultura sa slabije razvijenim korijenovim sustavom. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se utvrdile optimalne vrste gljivica, a i biljke domaćini te se opisale njihove interakcije.

6. Popis literature

1. Aka-Kaçar, Y., Akpınar, C., Agar, A., Yalcin-Mendi, Y., Serce, S., Ortas, I. (2010.) The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstocks during acclimatization. *Romanian Biotechnological Letters*, 15 (3), 5246-5252.
2. Asrar A-W.A. i Elhindi K.M. (2011.) Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi, *Saudi J Biol Sci*. 18(1): 93–98.
3. Barea J. M. (1991.). Vesicular – arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. In: B.A. Stewart (Editor), *Advances in Soil Science*. Springer-Verlag, New York, pp. 1-40.
4. Baum C., El-Tohamy W., Gruda N. (2015.) Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Scientia Horticulturae*, 187, 131-141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.002>
5. Berruti A., Lumini E., Balestrini R., Bianciotto V. (2015.) Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. *Frontiers in Microbiology*, 6, 1559. DOI: 10.3389/fmicb.2015.01559
6. Bethlenfalvay G. J., Linderman R. G. (1992.). *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*, ASA Spec. Publ., Madison, XII
7. Biricolti S., Ferrini F., Rinaldelli E., Tamantini I., Vignozzi N. (1997.). VAM fungi and soil lime content influence rootstock growth and nutrient content. *Am J Enol Vitic* 48:93-99.
8. Brundett M. C. (2004.). Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biol. Rev.* 79, 473-495
9. Brundrett M. (1991.) Mycorrhizas in natural ecosystems. *Advances in Ecologica Research*, 21, 171-313. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S00652504\(08\)60099-9](http://dx.doi.org/10.1016/S00652504(08)60099-9)
10. Gaur A., Varma A. (2007.) Research methods in arbuscular mycorrhizal fungi. In: A. Varma, R. Oelmüller, eds. (2007) *Advanced techniques in soil microbiology*. 377-396. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-70865-0_25
11. Gregory P.J. (2006.) *Plant roots: growth, activity and interaction with soils*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd. DOI: 10.1093/aob/mcm099
12. Janowska B, Andrzejak R. (2017.) Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of *Tagetes patula* L. ‘Yellow Boy’ and *Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl. ‘Saluti Red’. *Acta Agrobot.* 2017;70(2):1703. <https://doi.org/10.5586/aa.1703>
13. Johnson N.C. and Wedin D.A. (1997.) Soil Carbon, Nutrients, and mycorrhizae during conversion of dry tropical forest to grassland

14. Kaya C., Higgs D., Kirnak H., Tas I. (2003.). Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. *Plant and Soil* 253: 287–292
15. Khan A.G. (2003.) Mycotrophy and its significance in wetland ecology and wetland management. In: Wong MH (ed) *Proceedings of the Croucher Foundation Study Institute: wetland ecosystems in Asia – function and management*, Hong Kong, pp 11–15
16. Krishnakumar S., Balakrishnan N., Muthukrishnan R., Kumar S.R. (2013.) Myth and mystery of soil mycorrhiza: a review. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (38), 4706-4717.
17. Lim T. K. (2014.) *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* – Publisher: Springer Netherlands
18. Linderman R.G. (1992.) VA mycorrhizae and soil microbial interactions. In: G.J. Bethlenfalvai and R.G. Linderman (eds) *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*, ASA Special Publication 54, Madison, WI, USA, pp.45–70.
19. Menge J.A. (1985.) Mycorrhiza Agriculture Technologies. In: C. Elfring, ed. (1985) *Innovative biological technologies for lesser developed countries – Workshop Proceedings*, 185-203.
20. Mukerji K.G., Chamola B.P., Singh J. (2000.): *Mycorrhizal Biology*. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.
21. Novak B. (1997.) *Učinkovitost endomikorize na neke povrtné kulture*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
22. Novak B. i Benko B. (2013.) Mikoriza u uzgoju povrća, *Gospodarski list* 1/2013.; <http://www.gnojdba.info/mikoriza-2/mikoriza-u-uzgoju-povrca-iv/>, <http://www.gnojdba.info/mikoriza-2/mikoriza-u-uzgoju-povrca-iii/>
23. Paul E.A. and Clark F.E. (1998). *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, San Diego
24. Piche Y., Ackerley C.A., Peterson R.H. (1986.): Structural characteristics of ectendomycorrhizas synthesised between roots of *Pinus resinosa* and E – strain fungus, *Wilcoxina mikolae* var *mikolae*. *New Phytol.* 104:447-452
25. Rillig M.C., Sosa-Hernández M.A., Roy J., Aguilar-Trigueros C.A., Vályi K., Lehmann A. (2016.) Towards an integrated mycorrhizal technology: harnessing mycorrhiza for sustainable intensification in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1625. DOI: 10.3389/fpls.2016.01625
26. Schmidt B., Domonkos M., Şumalan R. i Biró B. (2010.). Suppression of arbuscular mycorrhiza's development by high concentrations of phosphorous at *Tagetes Patula* L. *Research Journal of Agricultural Science*, 42 (4)

27. Schmidt B., Şumălan R. (2011.) The influence of arbuscular mycorrhizal fungi on ornamental characters of *Tagetes patula* L., Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, volume 15(1), 170- 174
28. Smith S.E., Read D.J. (1996.). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego
29. Smith S.E., Read, D.J. (2008.) Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.
30. Subba Rao N.S. (1999.). Soil Microbiology. Science Publishers, Inc., Plymouth
31. Wu Q., Liu C-Y., Zhang D., Zou Y., He X., Wu Q. (2016.). Mycorrhiza alters the profile of root hairs in trifoliate orange. Mycorrhiza 26:237–247
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-015-0666-z>
32. Yee K.,Ahn-Heum E., Moon-Sung T. i Sang-Sun L. (2000.) The Observation of Arbuscular Mycorrhizal Roots in Horticultural Plants, Mycobiology, 28:3, 115-1118, DOI: 10.1080/12298093.2000.12015734
33. Zrnić M., i Širić I. (2017.) The application of mycorrhiza in horticulture, Journal of Central European Agriculture, 18(3), p.706-732 DOI: /10.5513/JCEA01/18.3.1945